

Richtlinie „Detektion von Spanndrahtbrüchen mit Schallemission“

Stephan PIRSKAWETZ¹

¹ BAM, Berlin

Kontakt E-Mail: stephan.pirskawetz@bam.de

Kurzfassung. Ein großer Teil unserer Brücken wurden in den 1950er bis 1970er Jahren als Spannbetonbrücken gebaut. Mit der damals noch relativ jungen Technologie entstanden elegante, teilweise gewagte Bauwerke mit großen Spannweiten, welche die Vorteile der Materialien Stahl und Beton geschickt kombinieren. Die Standsicherheit einiger dieser Brücken ist heute gefährdet. Die Ursachen liegen in der enorm gewachsenen Belastung durch Schwerverkehr, teilweise ungenügender Wartung und in konstruktiven und Materialschwächen, die der mangelnden Erfahrung mit der Technologie in der Bauzeit geschuldet sind. Ein neuralgischer Punkt der Bauwerke sind die in den Beton integrierten Spannglieder. Infolge von Korrosion und Ermüdung können Elemente der Spannglieder reißen, wodurch die für das Tragwerk notwendige Spannung und somit die Tragfähigkeit reduziert werden. Nicht bei allen Brücken kündigen sichtbare Risse im Beton oder auffällige Verformungen den Tragfähigkeitsverlust bzw. das finale Versagen rechtzeitig an.

Die Schallemissionsanalyse ist die derzeit einzige Methode, das Reißen einzelner Spannstähle zuverlässig und mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand zu detektieren. Trotzdem es schon einige Spannbetonbauwerke gibt, die mit Schallemissionsanalyse überwacht werden, ist das Verfahren noch wenig bekannt. Außerdem fehlen technische Richtlinien, was die Ausschreibung und Vergabe von entsprechenden Aufträgen und die Bewertung der Angebote sehr erschwert. Um sowohl Baulasträger als auch Dienstleistungsanbieter in den Vergabeverfahren und im Betrieb der Monitoringsysteme zu unterstützen, hat sich eine Gruppe von Experten aus den Bereichen Bauingenieurwesen und Schallemission zum Entwurf einer Richtlinie „Detektion von Spanndrahtbrüchen mit Schallemission“ zusammengefunden. Mit diesem Beitrag wird die Richtlinie vorgestellt, deren Bearbeitung bis zur SCHALL 23 abgeschlossen sein soll.

Einführung

Über Untersuchungen zur Detektion von Spanndrahtbrüchen in Spannbetonbrücken mit Schallemissionsanalyse wird spätestens seit Beginn der 2000er Jahre berichtet. So veröffentlichten Cullington et al. [1] 2001 Untersuchungen über den ersten Einsatz eines akustischen Monitoringsystems in Großbritannien am Railway Viaduct Huntingdon. 2006 berichteten Yuyama et al. [2] über Schallemissionsmessungen zur Spanndrahtbruchdetektion an einer Brücke in Tokio. Die Spannbetonbrücke Ponte Moesa in Roveredo/Kanton Graubünden (Schweiz) wurde 2004 mit akustischen Sensoren überwacht. Mit der Auswertung der Ergebnisse und weiteren Versuchen an dieser Brücke wurden von Fricker



[3], [4] die Grundlagen für die heute verwendeten Methoden zur Detektion von Spanndrahtbrüchen mit Schallemission gelegt.

Derzeit werden in Deutschland ca. zehn Spannbetonbauwerke, hauptsächlich Brücken, mit Schallemissionsanalyse überwacht; eine Zusammenstellung aller Projekte existiert allerdings nicht. Trotz dieser laufenden oder der erfolgreich abgeschlossenen Monitoringprojekte, wie z.B. Eisenbrücke in Berlin, Brücke am Altstädter Bahnhof in Brandenburg/Havel [5], [6], Stennert Brücke in Hagen-Hohenlimburg [7], Altstadtringtunnel in München [8], stehen einige Baulastträger dem Verfahren skeptisch gegenüber. Gründe hierfür sind geringe die Bekanntheit des Verfahrens sowie das Fehlen technischer Richtlinien oder Merkblätter zum Monitoring von Spannbetonbrücken mit Schallemission. Dadurch werden die Ausschreibung und Vergabe von entsprechenden Aufträgen und die Bewertung der Angebote erschwert.

Um sowohl Baulastträger als auch Dienstleistungsanbieter in den Vergabeverfahren und im Betrieb der Monitoringsysteme zu unterstützen, hat sich eine Gruppe von Experten zum Entwurf einer DGZfP-Richtlinie mit dem Arbeitstitel „Detektion von Spanndrahtbrüchen mit Schallemission“ zusammengefunden. Beteiligt sind Vertreter von Baulastträgern, Ingenieurbüros, Messgeräteherstellern und Bundesbehörden.

1. Richtlinie „Detektion von Spanndrahtbrüchen mit Schallemission“

Die folgenden Abschnitte entsprechen den Kapitelüberschriften der Richtlinie. Die Inhalte der Kapitel werden zusammengefasst.

1.1 Vorwort

Im Vorwort der Richtlinie werden der Anwendungsbereich beschrieben und die Adressaten genannt:

„Dieses Dokument beschreibt das Verfahren Schallemissionsanalyse zur Detektion von Spanndrahtbrüchen in Spannbetonbrücken im Rahmen einer kontinuierlichen Überwachung. Die Überwachung mit Schallemission liefert eine Aussage über die Anzahl von Spanndrahtbrüchen innerhalb des Überwachungszeitraumes und innerhalb der Reichweite der installierten Sensoren. Mit dem Verfahren können die Spanndrahtbrüche lokalisiert werden. Auf Basis einer weitgehend automatisierten Datenanalyse stehen Informationen über Drahtbrüche kurzfristig nach dem Ereignis zur Verfügung.

Der Anwendungsbereich des Dokuments umfasst Brücken- und Ingenieurbauwerke mit Spanndrähten mit sofortigem oder nachträglichem Verbund. Spannsysteme ohne Verbund fallen nicht in den Anwendungsbereich. Die beschriebenen Verfahren können auf Spannsysteme ohne Verbund übertragen werden. Mit dem Verfahren Schallemissionsanalyse ist es nicht möglich Spanndrahtbrüche zu finden, die vor dem Beginn der Überwachung entstanden sind.

Das Dokument richtet sich an Baulastträger, Anbieter und Betreiber von Monitoringsystemen auf Basis der Schallemissionsanalyse sowie Ingenieurbüros, welche die Ergebnisse der Überwachung bewerten und Maßnahmen daraus ableiten. Es gibt Hinweise zur Planung, Ausschreibung, Installation und zum Betrieb von Monitoringsystemen zur Detektion von Spanndrahtbrüchen mit Schallemission sowie zur Überprüfung der Funktion installierter Systeme. Zur Funktionskontrolle werden Signale mit der Referenzquelle am Bauwerk ausgelöst. Diese Signale sind zu detektieren, innerhalb der vorgegebenen Genauigkeit zu lokalisieren und die vorgegebenen Alarmkette muss angestoßen werden.“

1.2 Begrifflichkeiten, Definitionen und Abkürzungen

Hier werden Begriffe definiert bzw. erläutert, die für die Anwendung der Richtlinie wichtig sind.

1.3 Überwachung von Spanndrahtbrüchen mit Schallemission

In diesem Kapitel werden zunächst der Anlass zur Überwachung von Spannbetonkonstruktionen sowie die Problemstellung beschrieben. Der Anwendungsbereich wird präzisiert. Anschließend wird das Verfahren Schallemissionsanalyse mit Fokus auf die Anwendung an Spannbetonbauwerken erläutert. Weiterhin werden die Anforderungen an die Messtechnik und Datenanalyse definiert und die wichtigen Parameter in einer Tabelle zusammengefasst. Schließlich wird auf die Grenzen der Messmethode eingegangen.

1.4 Umsetzung an Brückenbauwerken und Leistungsbeschreibung

Hier geht es um technische und organisatorische Fragen. Beschrieben werden verschiedene Brückenquerschnitte und dazu passende Sensoranordnungen. Weiterhin wird der Weg von der Feststellung der Notwendigkeit eines Monitorings bis zur Planung, Installation und Betrieb des Monitoringsystems erläutert. Die vor einer Installation notwendigen Messungen werden im Absatz „Objektbezogene akustische Analyse“ genannt und in den Anhängen beschrieben. Detailliert wird auf den Aufbau und Inhalt einer Leistungsbeschreibung zur Ausschreibung des Monitorings eingegangen. Besonders wichtige Punkte in diesem Kapitel sind die Funktionskontrolle des installierten Systems und die Abnahmekriterien.

1.5 Qualifikation des Anbieters

Ein kurzes, aber sehr wichtiges Kapitel. Es wird empfohlen, Expertisen aus den Bereichen Schallemissionsanalyse und Spannbetonbau zusammenzuführen. Personal mit der entsprechenden Qualifikation muss über den gesamten Monitoringzeitraum zur Verfügung stehen. Die Qualifikation für die Schallemissionsseite kann entweder durch den Nachweis von vergleichbaren Referenzprojekten und Erfahrungszeiten oder durch Benennung von, nach einem offiziellen System zertifiziertem, Personal erfolgen.

1.6 Prozess der Messdatenanalyse und Berichterstellung

In diesem Kapitel werden die Schritte der Analyse von Schallemissionsdaten näher beschrieben, um fachfremdes Personal mit dem Ablauf und den Begrifflichkeiten vertraut zu machen. Der Ablauf der Datenanalyse mit Zuordnung der Verantwortlichkeiten werden dargestellt.

1.7 Anhänge

In den Anhängen werden die im Vorfeld für die Planung eines Schallemissionssystems zur Detektion von Spanndrahtbrüchen notwendigen Messungen beschrieben. Dazu gehören die Bestimmung der Hintergrundgeräusche und der Dämpfung sowie, wenn möglich, die Detektion von Schallemissionen aus provozierten Spanndrahtbrüchen während einer Spanndrahtentnahme. Basierend auf diesen Messungen werden die Ermittlung des k -Wertes und die Festlegung der maximal möglichen Sensorabstände beschrieben.

Die in den Anhängen sehr detailliert festgelegte „objektbezogene akustische Analyse“ bildet die Grundlage für die Planung, Ausschreibung und Kalkulation eines

Monitoringsystems. Sie ist aufwendig und kann nicht von jedem potenziellen Anbieter individuell durchgeführt werden. Die in den Anhängen aufgeführten Messungen sollen deshalb so standardisiert durchgeführt und dokumentiert werden, dass damit allen Marktteilnehmern die Planung eines Überwachungssystems zur Detektion von Spanndrahtbrüchen ermöglicht wird. Die Firma, welche diese vorbereitenden Messungen durchführt, soll mit diesem Vorgehen keinen Wettbewerbsvorteil erlangen und nicht vom Bieterverfahren für das Monitoringsystem ausgeschlossen werden können. Dafür müssen die Unterlagen, die durch die Vormessungen erarbeitet wurden, im Vergabeverfahren allen Bietern vollständig und allumfänglich zur Verfügung gestellt werden.

Zusammenfassung

Die vorgestellte Richtlinie richtet sich an Baulastträger, bauwerksbetreuende Ingenieurbüros sowie Dienstleister, die Monitoringsysteme Detektion von Spanndrahtbrüchen auf Basis der Schallemissionsanalyse installieren und betreiben. Sie soll die Planung und Ausschreibung der Monitoringsysteme vereinfachen und transparenter machen. Es werden Mindestanforderungen an die Messtechnik und die Qualifikation des Personals sowie Abnahmekriterien und Maßnahmen zur regelmäßigen Funktionskontrolle vorgeschlagen.

Referenzen

- [1] Cullington, D.W.; Paulson P.; Elliott P. (2001) Continuous Acoustic Monitoring of Grout-ed Post-Tensioned Concrete Bridges. NDT&E International (Non Destructive Test & Evaluation) V34, N°2, March 2001, pp. 95–106.
- [2] Yuyama, S.; Yokoyama, K.; Niitani, K.; Ohtsu, M.; Uomoto, T. (2007). Detection and evaluation of failures in high-strength tendon of prestressed concrete bridges by acoustic emission. Journal of Construction and Building Materials, Volume 21, Issue 3, March 2007, Fracture Acoustic Emission and NDE in Concrete (KIFA-4), pp. 491–500.
- [3] Fricker, S.; Vogel, T. (2006): Überwachung von Drahtbrüchen bei Stahlbetonbrücken (Monitoring of Wire-breaks of prestressed concrete bridges). Proceedings, Fachtagung Bauwerksdiagnose, Praktische Anwendung Zerstörungsfreier Prüfungen, Berlin, 23.-24. Feb. 2006.
- [4] Fricker, S. (2009): Schallemissionsanalyse zur Erfassung von Spanndrahtbrüchen bei Stahlbetonbrücken. Dissertation, ETH Zürich, <https://doi.org/10.3929/ethz-a-006027529>
- [5] Landesbetrieb Straßenwesen (Hrsg.) (2021): B1 - Brücke Altstädter Bahnhof in Brandenburg an der Havel – Bauwerksuntersuchungen vor dem Rückbau. Hoppegarten: 2021
- [6] S. Pirskawetz, O. Steinbock, F. Hille, S. Schmidt, D. Hofmann, 2022. Erfahrungen aus dem Rückbau der Brücke am Altstädter Bahnhof in der Stadt Brandenburg Teil 2: Schadensmonitoring bei zerstörenden Versuchen, Beton- und Stahlbetonbau 117 (2022), Heft 8, DOI: 10.1002/best.202200052
- [7] Käding, M., Schacht, G., Marx, S., & Bolle, G. (2020). Continuous Acoustic Monitoring of a Prestressed Concrete Bridge in Germany. 5th International Conference on Smart Monitoring, Assessment and Rehabilitation of Civil Structures, August 2019 in Potsdam, Germany. e-Journal of Nondestructive Testing. 25(1). <https://www.ndt.net/?id=24897>
- [8] Sodeikat, C.; Groschup, R.; Knab, F.; Obermeier, P. (2019) Acoustic Emission in der Bauwerksüberwachung zur Feststellung von Spannstahlbrüchen. Beton- und Stahlbetonbau 114 , H. 10 , S. 707– 723. <https://doi.org/10.1002/best.201900041>